

# Analisis Pemanfaatan Energi Listrik pada Mesin-mesin Produksi Divisi Pabrikasi Di PT INKA Madiun

Kosa Shantia<sup>1</sup>, Ir. Unggul Wibawa, M. Sc <sup>2</sup>, Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Elektro, <sup>2,3</sup>Dosen Teknik Elektro, Universitas Brawijaya  
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: [kosa.shantia@yahoo.com](mailto:kosa.shantia@yahoo.com)

**Abstrak**— PT INKA (Industry of National Railway) produce carriages and passenger trains. Electrical load requires the most energy consumption in the industrial sector is to supply the electric motor. Energy saving is one of energy conservation. One positive impact of energy savings is the reduction in the cost of energy usage. From the results of calculation and analysis of transformer loaded fairly evenly (the average load imbalance <20%). From the analysis of the motor stated that the motor temperature is prone to excess temperature can lead to loss of power, especially on the compressor motor. Loading on the electric motors tend to be normal, ie by 50%-100%. The use of electrical energy for production machinery fabrication division of PT INKA is equal to 1.738.767,60 kWh/year. By improving the efficiency of the motor obtained a total savings 34.987,55 kWh/year but the return on investment is very long.

**Keyword** - energy conservation, energy saving, Electric Motors.

**Abstrak**— PT INKA bergerak dalam pembuatan gerbong dan kereta penumpang. Beban listrik yang paling banyak membutuhkan konsumsi energi pada sektor industri adalah untuk menyuplai motor listrik. Penghematan energi merupakan salah satu upaya konservasi energi yang dapat dilakukan. Salah satu dampak positif dari penghematan energi adalah pengurangan biaya dari penggunaan energi. Dari hasil perhitungan dan analisis transformator dibebani cukup merata (rata-rata ketidakseimbangan beban <20%) dan dari hasil analisis temperatur motor menyatakan bahwa motor rentan mengalami kelebihan temperatur yang dapat mengakibatkan rugi daya, terutama pada motor kompresor. Pembebanan pada motor listrik cenderung normal, yaitu sebesar 50%-100%. Penggunaan energi listrik untuk mesin-mesin produksi divisi pabrikasi PT INKA adalah sebesar 1.738.767,60 kWh/tahun. Dengan melakukan perbaikan efisiensi motor diperoleh total penghematan sebesar 34.987,55 kWh/tahun namun pengembalian investasinya sangat lama.

**Kata Kunci**— Konservasi energi, Penghematan energi, Motor Listrik.

## I. PENDAHULUAN

Seiring dengan bertambahnya populasi penduduk yang berbanding lurus dengan bertambahnya kebutuhan energi, maka konservasi energi sangat diperlukan. Penghematan energi merupakan salah satu upaya konservasi energi yang dapat dilakukan. Salah satu dampak positif dari penghematan energi adalah pengurangan biaya dari penggunaan energi. Konservasi energi dapat dilakukan secara menyeluruh atau hanya pada beban listrik tertentu. Beban listrik yang paling banyak digunakan dan paling banyak membutuhkan konsumsi energi pada sektor industri adalah mesin listrik karena sebagian besar konsumsi energi pada sektor industri digunakan untuk menyuplai motor listrik. Oleh karena itu perlu dilakukan konservasi dan audit energi untuk mesin-mesin yang digunakan dalam proses produksi divisi pabrikasi di PT INKA. Pada penelitian ini akan diidentifikasi pola pengoperasian dan pembebanan mesin-mesin yang digunakan dan dianalisis penyelesaian yang sesuai dengan keadaan yang diperoleh selama proses audit energi.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Audit Energi

Audit energi memiliki beberapa definisi. Level audit energi ini secara sederhana dapat dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu<sup>[1]</sup>:

- *Preliminary audit* relatif cepat dan dirancang untuk menentukan proyek. audit ini berkaitan dengan pengumpulan data dari rekening bulanan, maka dapat disebut juga dengan audit energi secara finansial.
- *Targeted audit* biasanya merupakan kelanjutan hasil dari *Preliminary Audit*. Pada *targeted audit* disediakan data dan analisis yang lebih rinci terhadap proyek-proyek yang ditargetkan khusus.
- *Comprehensive Audit* memberikan data yang rinci pada energi masukan, dan aliran energi dalam suatu industri serta rencana implementasi objek energi. Tipe audit ini harus menghasilkan rencana pelaksanaan proyek energi yang mendetail.

### B. Beban Listrik

Daya listrik dalam bentuk kompleks dapat dinyatakan oleh persamaan<sup>[2]</sup>:

$$S = P + jQ \quad (1)$$

dimana:

S = daya semu (VA)  
P = daya nyata (watt)  
Q = daya reaktif (VAR)

Besar kecilnya daya reaktif yang diserap oleh beban mengakibatkan faktor daya sistem berbeda. Faktor daya minimal yang harus dipenuhi oleh beban tersambung ke jaringan PLN di Indonesia adalah minimal 0,85 lagging.

Untuk mencari nilai energi (W), digunakan persamaan<sup>[2]</sup>:

$$dw = p \times dt \quad (2)$$

dimana:

dw = perubahan energi listrik (kWh)  
p = daya yang digunakan (kW)  
dt = selang waktu (jam)

### C. Motor Listrik

Motor listrik digunakan untuk mengkonversi energi listrik menjadi energi mekanik.

#### ▪ Motor DC

Motor DC tersedia dalam banyak ukuran, namun penggunaannya pada umumnya dibatasi untuk beberapa penggunaan berkecepatan rendah, penggunaan daya rendah hingga sedang, sebab sering terjadi masalah dengan perubahan arah arus listrik mekanis pada ukuran yang lebih besar. Motor tersebut dibatasi hanya untuk penggunaan di area yang bersih dan tidak berbahaya sebab resiko percikan api pada sikatnya. Motor DC juga relatif mahal dibanding motor AC.

#### ▪ Motor AC

Untuk mengatasi kerugian ini, motor AC dapat dilengkapi dengan sistem penggerak yang menggunakan frekuensi variabel untuk memperbaiki kinerja pengaturan kecepatan sekaligus menurunkan dayanya. Motor induksi merupakan motor yang paling populer di industri karena kehandalannya dan lebih mudah perawatannya. Motor perlu dievaluasi melalui kegiatan audit energi. Untuk menentukan penghematan tahunan ditentukan berdasarkan persamaan<sup>[3]</sup>:

$$ES = 0,746 \times Hp \times L \times N \times \left[ \frac{100}{E_A} - \frac{100}{E_B} \right] \quad (3)$$

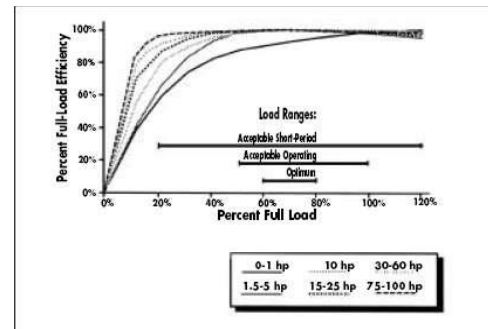
dimana:

ES = penghematan tahunan (kWh/tahun)  
Hp = daya dalam horsepower  
L = persentase beban yang dibagi dengan 100  
N = waktu operasi dalam setahun (jam)  
E<sub>A</sub> = persen efisiensi untuk motor standar  
E<sub>B</sub> = motor efisiensi untuk motor efisien

Selanjutnya menentukan biaya penghematan motor tiap tahun dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Cost Saving = kWh/tahun \times Rp/kWh \quad (4)$$

Terdapat hubungan yang jelas antara efisiensi motor dan beban. Gambar 1 merupakan perbandingan hubungan antara efisiensi motor terhadap beban motor yang berbeda-beda.



Gambar 1. Efisiensi pembebanan motor sebagai fungsi dari % efisiensi beban penuh

Sumber: United Nation Environment Programme, 2006

Metode yang digunakan untuk menentukan beban motor bagi motor yang beroperasi secara individu adalah dengan pengukuran daya masuk. Metode ini menghitung beban sebagai perbandingan antara daya masuk (diukur dengan alat analisis daya) dan nilai daya pada pembebanan 100%. Untuk motor tiga fasa, langkahnya adalah menentukan daya masuk dengan persamaan sebagai berikut<sup>[4]</sup>:

$$P_i = \frac{V \times I \times PF \times \sqrt{3}}{1000} \quad (5)$$

dimana:

P<sub>i</sub> = daya tiga fasa (kW)  
V = tegangan (V)  
I = arus (A)  
PF = faktor daya

Selanjutnya menentukan nilai daya masuk pada beban penuh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_r = P \times \frac{0,746}{\eta_r} \quad (6)$$

dimana:

P<sub>r</sub> = daya masuk pada beban penuh (kW)  
P = daya pada nameplate (HP)  
η<sub>r</sub> = efisiensi pada beban penuh

Besar beban dalam % diperoleh melalui persamaan:

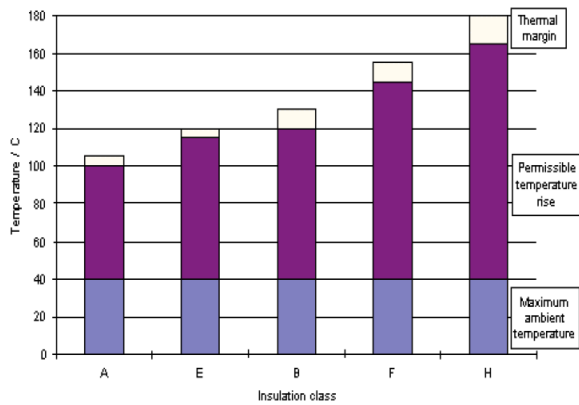
$$Load = \frac{P_i}{P_r} \times 100\% \quad (7)$$

dimana:

Load = Daya keluar yang dinyatakan dalam % nilai daya nominal.

### D. Pengaruh Temperatur Motor

Berdasarkan standar IEC 34-1, data batas operasional motor senantiasa didasarkan pada temperatur 40° C. Pada temperatur ini motor dapat memberikan daya output nominal tanpa terjadi pemanasan berlebihan yang tidak diizinkan. Kelas dan isolasi menurut standar IEC 85 dapat dilihat pada Gambar 2<sup>[5]</sup>.



Gambar 2 Kelas isolasi motor menurut IEC 85  
Sumber: IEC 85, 1984: 3

Tabel 1 adalah daya motor yang diperkenankan berdasarkan temperatur motor.

Tabel 1 Daya motor yang diperkenankan berdasarkan temperatur motor

Temperatur (°C)	40	45	50	55	60	70
% power output	100	96.5	93	90	86.5	79

Sumber: IEC 34 – 1, 2004: 9

### E. Transformator

Untuk perhitungan pembebanan transformator digunakan persamaan<sup>[6]</sup>:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3}V} \quad (8)$$

dimana  $I_{FL}$  adalah arus beban penuh (A), S adalah daya semu transformator (kVA) dan V adalah tegangan sisi sekunder transformator (kV).

$$\% \text{ pembebanan} = \frac{I_{fasa}}{I_{FL}} \times 100\% \quad (9)$$

dimana  $I_{fasa}$  adalah arus fundamental RMS per fasa.

Selanjutnya untuk mengetahui rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) adalah:

$$RKB = \frac{\left| \frac{I_R}{I_{Rata-rata}} - 1 \right| + \left| \frac{I_S}{I_{Rata-rata}} - 1 \right| + \left| \frac{I_T}{I_{Rata-rata}} - 1 \right|}{3} \times 100\% \quad (10)$$

dimana RKB adalah rata-rata ketidakseimbangan beban (%),  $I_R, I_S, I_T$  (A) merupakan besar arus pada masing-masing fasa, dan  $I_{Rata-rata}$  (A) merupakan rata-rata arus dari fasa R, S, T. Nilai rata-rata ketidakseimbangan beban pada transformator dikatakan baik apabila lebih kecil dari 20%.

## III. METODE PENELITIAN

### A. Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan berupa kajian pustaka terhadap sumber-sumber bacaan yang relevan sehingga mampu menunjang dalam proses audit energi seperti mempelajari dan memahami mengenai konservasi energi listrik, perhitungan, teori mengenai mesin dan transformator yang menunjang dalam penyusunan skripsi ini.

### B. Pengambilan Data

Dalam kajian ini yang diperlukan terdiri dari data:

#### 1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil pengukuran, perhitungan, dan pengamatan

langsung di lapangan. Pada skripsi ini, data primer adalah data beban terpasang yang terdiri dari data:

#### ▪ Panel Transformator

Transformator digunakan untuk mensuplai dan menyesuaikan daya yang diperlukan pada saat proses operasi. Pengambilan data dilakukan pada bulan Oktober 2013 pada pukul 08.00-11.00 ketika mesin-mesin produksi mulai dioperasikan. Data yang diperlukan adalah tegangan dan arus pada MDP transformator yang diperoleh dengan menggunakan *clamp meter*. Data tegangan dan arus pada MDP transformator digunakan untuk mengetahui pola pembebanan pada transformator.

#### ▪ Sistem Penggerak

Alat penggerak yang digunakan selama proses operasi, yaitu motor listrik. Pengambilan data dilakukan pada bulan September sampai Oktober 2013 pukul 08.00-15.00. Data tegangan dan arus pada panel motor diperoleh dengan menggunakan *clamp meter* dan data temperatur pada tiga titik *body* motor diperoleh dengan menggunakan *thermometer infrared*.

### 2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang bersumber dari buku referensi, jurnal, dan skripsi yang relevan dengan pembahasan skripsi ataupun yang terdapat pada lapangan (PT INKA). Adapun data sekunder yang digunakan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

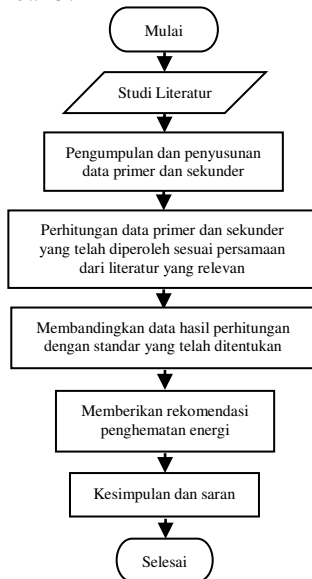
- Data Penggunaan Energi Listrik
- Data Operasional Harian
- Single Line Diagram
- Data Spesifikasi Peralatan

### C. Analisis dan Pembahasan

Setelah data yang primer dan data sekunder yang diperlukan terkumpul, maka selanjutnya akan dilakukan analisis sesuai dengan teori dan persamaan yang terdapat pada literatur yang relevan. Kemudian data-data yang telah diperoleh dianalisis mengacu pada rumusan masalah yang telah ditentukan di awal, yaitu meliputi:

1. Menganalisis penggunaan energi pada mesin produksi divisi pabrikasi dengan mengolah data-data yang ada dalam bentuk tabel. Kemudian dihitung penggunaan motor hariannya. Dianalisis pula keseimbangan pembebanan tiap fasa pada transformator A<sub>2</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, dan PCFC.
2. Menganalisis pola penggunaan motor dengan membandingkan dengan kondisi standar yang telah ditentukan sehingga setelah mendapatkan data yang diperlukan selanjutnya data dibandingkan dengan standar relevan yang telah dipilih.
3. Menganalisis tindakan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi pada motor. Setelah mengetahui pola penggunaan motor dan telah dibandingkan dengan standar relevan yang telah ditentukan, maka dapat dilakukan konservasi energi agar didapatkan penggunaan energi yang lebih efisien. Tindakan konservasi energi dapat diperoleh berdasarkan rumus-rumus

teknis yang terdapat pada pustaka. Diagram alir proses penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3:



Gambar 3. Diagram alir proses penelitian

#### IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

##### A. Gambaran Umum PT. INKA Madiun

PT INKA memiliki 7 Gardu yang masing-masing gardu ada yang terdiri dari dua transformator dan ada yang terdiri dari satu transformator yaitu, Gardu A (2 x 1250 kVA), Gardu Lama (500 kVA dan 630 kVA), Gardu B (2 x 1250 kVA), Gardu *Test Track* (50 kVA dan 1750 kVA), Gardu PCFC (1600 kVA), Gardu Spot (800 kVA), dan Gardu C (2 x 1250 kVA). Transformator yang menyuplai motor listrik pada mesin-mesin produksi divisi pabrikasi PT INKA Madiun adalah Gardu A Transformator II ( $A_2$ ) untuk menyuplai motor listrik yang ada di Permesinan I, Gardu B Transformator I ( $B_1$ ) untuk menyuplai motor listrik kompresor DMC 250 A dan kompresor Sullair 1, Transformator II ( $B_2$ ) digunakan untuk menyuplai motor listrik pada *Bogie Machining*, Gardu C Transformator I ( $C_1$ ) untuk menyuplai motor listrik pada *Steal Work*, Transformator II ( $C_2$ ) untuk menyuplai motor listrik kompresor Ingersollrand 1, kompresor Sullair 2, dan kompresor 50 HP, Transformator pada Gardu PCFC untuk menyuplai motor listrik kompresor Ingersollrand 2.

##### B. Pembebanan Transformator

Untuk mengetahui besar arus beban penuh pada masing-masing transformator digunakan persamaan (7):

1. Transformator  $A_2$ , Transformator  $B_1$  dan  $B_2$ , serta Transformator  $C_1$  dan  $C_2$  :

$$I_{FL} = \frac{1250 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 0,380 \text{ kV}} = 1899,18 \text{ A}$$

2. Transformator pada Gardu PCFC

$$I_{FL} = \frac{1600 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 0,380 \text{ kV}} = 2430,95 \text{ A}$$

Untuk mengetahui besar persentase pembebanan pada transformator  $A_2$  untuk masing-masing fasa digunakan persamaan (8):

MDP Transformator  $A_2$ :

- a. Pada Fasa R

$$\% \text{ pembebanan} = \frac{212,2 \text{ A}}{1899,18 \text{ A}} \times 100\% = 11,17 \%$$

- b. Pada Fasa S

$$\% \text{ pembebanan} = \frac{189,7 \text{ A}}{1899,18 \text{ A}} \times 100\% = 9,99 \%$$

- c. Pada Fasa T

$$\% \text{ pembebanan} = \frac{205,4 \text{ A}}{1899,18 \text{ A}} \times 100\% = 10,82 \%$$

Selanjutnya untuk mengetahui rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) di transformator  $A_2$  digunakan persamaan (9):

$$RKB = \frac{\left| \frac{212,2}{202,43} - 1 \right| + \left| \frac{189,7}{202,43} - 1 \right| + \left| \frac{205,4}{202,43} - 1 \right|}{3} \times 100\% = 4,19\%$$

ketidakseimbangan beban pada transformator kurang dari 20% sehingga dapat dikatakan bahwa pembebanan pada transformator cukup merata.

##### C. Analisis Temperatur Motor Listrik

Pengukuran temperatur dilakukan pada bodi motor di tiga titik, yaitu titik  $T_1$ ,  $T_2$ , dan  $T_3$ , seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan tidak ada motor yang memiliki temperatur di atas standar yang telah ditetapkan sesuai dengan *insulation class* yang diasumsikan sebesar 70°C namun terdapat beberapa motor yang memiliki temperatur di atas temperatur *ambient* 40°C.



Gambar 4 Titik pengukuran temperatur pada *body* motor

Sesuai dengan Tabel 1, maka dapat dihitung batas daya *output* motor berdasarkan temperatur yang terukur. Misalnya saja untuk motor *Press Brake* RG 200 dari hasil pengukuran didapatkan  $T_{\text{Rata-rata}}$  sebesar 43.5°C, sehingga sesuai Tabel 1 daya *output* untuk temperatur 43.5°C yang mendekati 45°C adalah 95% dari daya pada *nameplate*, yaitu sebesar:

$$P_{\text{output}} = \frac{96,5}{100} \times 14,9 \text{ kW} = 14,38 \text{ kW}$$

Dari hasil perhitungan, motor rentan mengalami kelebihan temperatur yang dapat menyebabkan rugi daya, terutama pada motor kompresor.

##### D. Perhitungan Beban Motor

Perhitungan beban motor dilakukan untuk mengetahui beban operasi motor-motor mesin produksi divisi pabrikasi. Hasil perhitungan digunakan untuk mengidentifikasi beban motor terlalu kecil atau terlalu besar. Perhitungannya menggunakan metode pengukuran daya masuk. Misalnya perhitungan untuk *gap shear* 1 dengan data sebagai berikut :

$I_R = 20 \text{ A}$ ;  $I_S = 25 \text{ A}$ ;  $I_T = 20 \text{ A}$ , maka

$$I_{\text{Rata-rata}} = \frac{(20+25+20) \text{ A}}{3} = 21,7 \text{ A}$$

$$V_{\text{RS}} = 376,7 \text{ V}; V_{\text{ST}} = 375,7 \text{ V}; V_{\text{TR}} = 378,3 \text{ V}, \text{ maka}$$

$$V_{\text{Rata-rata}} = \frac{(376,7+375,7+378,3) \text{ V}}{3} = 376,9 \text{ V}$$

$$\text{PF} = 0,86; \eta_r = 0,883; P_{\text{nameplate}} = 15 \text{ kW}$$

Maka sesuai dengan persamaan (4) dapat dihitung daya masuknya, yaitu:

$$P_i = \frac{376,9 \times 21,7 \times 0,86 \times \sqrt{3}}{1000} = 12,180 \text{ W} = 12,18 \text{ kW}$$

Kemudian sesuai dengan persamaan (5) dapat dihitung nilai daya masuk berdasarkan data pada *nameplate*, yaitu:

$$P_r = \frac{15 \text{ kW}}{0,883} = 16,99 \text{ kW}$$

Selanjutnya dapat dihitung besar beban motor sesuai dengan persamaan (6), yaitu:

$$\text{Load} = \frac{12,18}{16,99} \times 100\% = 71,72 \%$$

sehingga beban yang sebenarnya:

$$71,72\% \times 15 \text{ kW} = 10,76 \text{ kW}.$$

Dari hasil perhitungan motor dibebani antara 50-100%.

#### E. Perhitungan Estimasi Konsumsi Energi Listrik

Setelah melakukan pengukuran arus dan tegangan, serta melakukan perhitungan daya masukan motor maka dapat dihitung estimasi konsumsi energi listrik untuk masing-masing motor. Misalnya pada motor *gap shear* 1 dari perhitungan sebelumnya didapatkan daya masukan ( $P_i$ ) untuk motor *gap shear* 1 sebesar 12,16 kW dan periode operasi motor setiap harinya adalah selama 9 jam, maka estimasi konsumsi energi listrik harian untuk *gap shear* 1:

$$W = P \times t \\ = 12,160 \times 9 = 62,270 \text{ Wh} = 62,27 \text{ kWh}$$

Selanjutnya untuk mengetahui konsumsi energi listrik dalam setahun maka dapat diperoleh melalui perhitungan berikut:

$$W = 62,270 \times 20 \times 12 \\ = 26,308,800 \text{ Wh} = 26,308,8 \text{ kWh}$$

Dari hasil perhitungan dari 42 motor diketahui konsumsi energi untuk motor setiap harinya adalah sebesar 9.316,53 kWh dan konsumsi energi motor setahunnya sebesar 1.738.767,60 kWh.

#### F. Perhitungan Penghematan Energi dengan Perbaikan Efisiensi Motor

Dengan memperbaiki efisiensi motor dapat membantu dalam penghematan energi. Jika dimisalkan *press brake* RG 200 diperbaiki efisiensinya dan diketahui bahwa harga energi listrik per kWh sebesar Rp 803,00 maka untuk mengetahui besar penghematan energi listrik setiap tahunnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-3):

$$\text{ES} = 0,746 \times 20 \times 0,41 \times 803 \times 2160 \times \left[ \frac{100}{88,3} - \frac{100}{91} \right] \\ = 443,39 \text{ kWh/tahun}$$

Selanjutnya menghitung *Cost Saving* sesuai persamaan (2-4):

$$\text{Cost Saving} = 443,39 \times 803 \\ = \text{Rp } 356.041,88/\text{tahun}$$

$$\text{Payback} = \frac{25.015.800}{356.041,88} = 70,26 \text{ Tahun}$$

Dari perhitungan perbaikan efisiensi 42 motor dapat diketahui total penghematan 34.987,55 kWh/tahun sehingga dapat diperoleh penghematan biaya Rp. 28.094.998,72/tahun. Perbaikan kecil dalam efisiensi motor dapat menghasilkan penghematan energi dan biaya, namun pengembalian investasi apabila harus mengganti motor yang lama dengan motor yang memiliki efisien yang lebih tinggi memerlukan waktu yang sangat lama.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan perhitungan dan analisis dari pemanfaatan energi listrik pada mesin-mesin produksi divisi pabrikasi di PT INKA Madiun didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan energi listrik untuk mesin-mesin produksi divisi pabrikasi PT INKA adalah sebesar 9.316,53 kWh setiap harinya dan sebesar 1.738.767,60 kWh setiap tahunnya.
2. Pola penggunaan mesin-mesin produksi divisi pabrikasi PT INKA adalah sebagai berikut:
  - a. Hasil pengukuran temperatur menunjukkan bahwa motor tidak melewati batas standar temperatur yang telah ditetapkan yaitu 70°C namun ada beberapa motor yang memiliki temperatur rata-rata di atas temperatur *ambient* yaitu 40°C.
  - b. Hasil pengukuran dan perhitungan menunjukkan bahwa motor dibebani 50-100%, namun ada beberapa motor yang memiliki beban berlebih yaitu pada motor kompresor.
3. Tindakan yang perlu dilakukan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik untuk mesin-mesin produksi divisi pabrikasi di PT INKA adalah dengan melakukan perbaikan efisiensi motor. Dengan melakukan perbaikan efisiensi diperoleh total penghematan sebesar 34.987,55 kWh/tahun atau sebesar Rp. 28.094.998,72/tahun namun pengembalian investasinya sangat lama.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Beggs, Clive. 2009. *Energy: Management, Supply and Conservation*. Great Britain: Elsevier Ltd.
- [2] Sudirham, Sudaryatno. 2002. *Analisis Rangkaian Listrik*. Bandung : ITB.
- [3] ..., 2012. *Energy Efficiency & Renewable Energy*: Washington, DC.
- [4] ..., 2006. *United Nation Environment Programme. Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia*.
- [5] ..., 1984. IEC 85. *Thermal Evaluation and Classification of Electrical Insulation*. Switzerland: *International Electrotechnical Commission*.
- [6] Indrakoesoema, Koes dkk. 2012. *Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Transformator Kering BHT02 RSG GA Siwabessy Terhadap Arus Netral dan Rugi-rugi*.